

Análisis y diseño de un servicio para monitoreo remoto de residencias usando la red móvil celular (hspa + y lte) que integra sistemas de alarmas y video vigilancia

Marcelo Eduardo Casal Villacrés
Jean Marcelo Margas Oleas
M.Sc. Edison Isaías Del Rosario Camposano

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
mcasal@espol.edu.ec, jamvarg@espol.edu.ec, edelros@espol.edu.ec

Resumen

Actualmente, en la mayoría de los casos, los usuarios de los sistemas de seguridad electrónicos instalados en residencias no se sienten bien atendidos, ya que la respuesta a las notificaciones de alarmas de la compañía de seguridad es tardía. También, ninguna de las compañías de seguridad ofrece servicio de monitoreo a través de cámaras de video en tiempo real.

El presente proyecto presenta una solución tal que los residentes podrán monitorear, mediante el uso de un teléfono inteligente y de una infraestructura de seguridad, la cual está integrada por un panel de alarmas, detectores y cámaras, cuando ocurre una alarma de intrusión y/o de incendio y/o realizar, en tiempo real, video vigilancia de las áreas cubiertas por cámaras. Esta forma de monitorear le permite al usuario llamar directamente a las autoridades competentes por ayuda, disminuyendo de esta manera los tiempos de atención a algún siniestro.

Para lograr este objetivo, se implementó la transmisión de mensajes de texto a través de la red GPRS hacia el teléfono del usuario. Las notificaciones se podrán verificar mediante video en vivo transmitido a través de la red HSPA+ o LTE directamente a un teléfono inteligente.

Palabras claves: GPRS, HSPA+, LTE, seguridad, vigilancia, video, intrusión, incendio.

Abstract

Currently, it is common that users of electronic security systems for their residences feels that are not well served. The service response to the alarm alerts from the security company does not comply to the times and urgency expected. Also real-time video monitoring is not offered in the service.

This project propose a solution to these users with a real time video access, through a smart phone and a security system integrated. The equipment consist of an alarm panel, detectors and cameras, to monitor an intrusion and/or a fire alarm that triggers a message and allows in real time video surveillance. The user is able to check the cause of the alarm and directly call for help to the competent authorities, therefore reducing attention time response.

The integration of systems allows the transmission of text messages through the GPRS network to the user's phone, allowing to check via live video through the HSPA+ or LTE network to a smart phone to obtain a confirmed event in advance.

Key words: GPRS, HSPA+, LTE, security, surveillance, video, burglary, fire.

1. Introducción

El propósito de este trabajo es presentar un sistema que permita al residente de una casa recibir en su teléfono inteligente alertas directas tanto de posibles incendios o intrusiones, e incluso ver en tiempo real el

video transmitido por cámaras IP ubicadas estratégicamente dentro o fuera de la casa. Con un sistema como el propuesto se reducirían los tiempos de atención a conatos de incendios e intrusiones en casas, disminuyendo de esta manera el riesgo de pérdidas humanas y/o materiales.

Hoy en día se vive una época en que la tecnología para la seguridad del hogar usando dispositivos electrónicos ha superado muchas debilidades propias de sus orígenes. A pesar de esta evolución en seguridad electrónica una de las grandes debilidades de sus orígenes, que ha permanecido hasta el día de hoy, es que los fabricantes mantienen códigos propietarios.

Paralelamente con el mejoramiento de los dispositivos de seguridad electrónicos esta la evolución de los sistemas de comunicaciones móviles, los cuales ofrecen anchos de banda para la transmisión de datos sin precedentes, y las cámaras de video vigilancia IP que logran mayor compresión de video gracias a nuevos algoritmos de compresión.

Para salvar el obstáculo que significa el código propietario de los paneles y detectores se hace necesario revisar las normas y recomendaciones establecidas para el funcionamiento de estos equipos. Una vez analizadas estas normas y recomendaciones se tiene un panorama más claro de cómo obtener información no propietaria que permita distinguir un tipo de señal de alarma de otra. Con la ayuda de la gran cantidad de código abierto para los microcontroladores se puede implementar detectores de señales en los paneles o detectores de alarmas que reconozcan el tipo de alarma.

2. Modelo del sistema propuesto

La figura 2.1 muestra el sistema de seguridad propuesto, el cual tendrá una arquitectura que integra varios tipos de tecnologías.

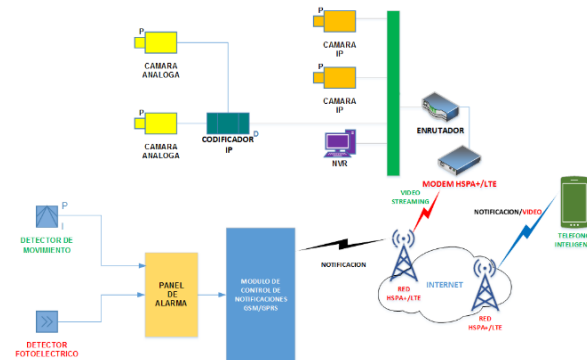


Figura 1.1: Arquitectura de un sistema integrado por alarmas y video.

Las partes principales de este sistema comprenden:

- Red de detectores de intrusión e incendio
- Red de video vigilancia
- Red celular

2.1. Red de detección de intrusión e incendio

La figura 2.2 muestra los dispositivos de entrada como son los sensores de humo y de movimiento, mientras que los de salida son el teclado y la sirena. La salida de la sirena es reemplazada, o es compartida, con el dispositivo que analiza y discrimina el tipo de alarma

para luego realizar la transmisión del mensaje de alarma a un teléfono celular mediante un módem.

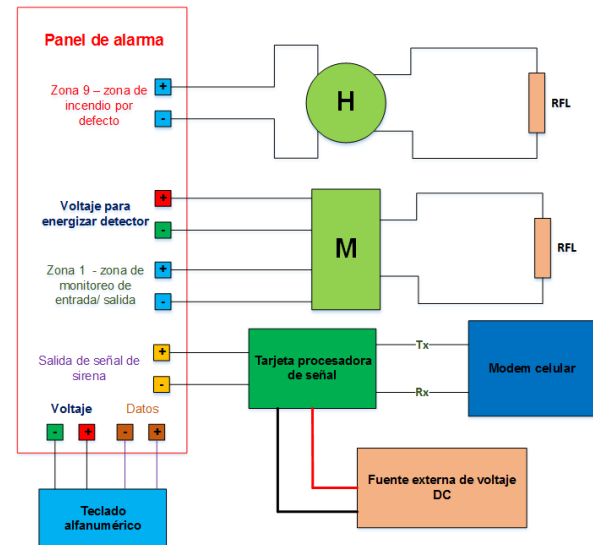


Figura 2.2: Modelo de notificación de alarmas de incendio y de movimiento

Los paneles de alarma cuentan con una limitada fuente de corriente para alimentarse a sí mismo, a los detectores, al dispositivo discriminador de alarma y al módem por lo que se requiere de una fuente externa para suplir la corriente adicional.

En los paneles de alarma de tipo residencial, el primer par de borneras es llamado la zona 1, el segundo par la zona 2 y así sucesivamente. La zona 1 es donde físicamente se conectan, de manera exclusiva, los detectores de humo y sus correspondientes Resistencia de fin de línea (RFL). Las restantes zonas del panel sirven para conectar cualquier tipo de detector, inclusive los de humo. Las RFL sirven como supervisión tanto de los lazos de detectores de humo como de los detectores de movimiento. Esta supervisión es efectiva solo si la RFL es colocada en el último dispositivo de la zona.

La zona lógica 9 se establece universalmente, en los paneles residenciales y comerciales, como zona para detección de incendios las 24 horas.

2.1.1. Detector de movimiento. Los detectores de movimiento son dispositivos de circuito Normalmente cerrados (NC) que usan las ondas infrarrojas irradiadas por cuerpos en movimiento para su detección, tal como se aprecia en la figura 2.3.

2.1.2. Detector de humo. La supervisión de estos detectores se logra al medir el voltaje entre los bornes de la zona 1 tal como se ilustra en la figura 2.4. Cuando una alarma ocurre, se crea parcialmente un corto, el cual drena más corriente de lo normal para lograr que el voltaje de supervisión, a la entrada de la zona de

incendios, baje lo suficiente para que el panel envíe una alarma.

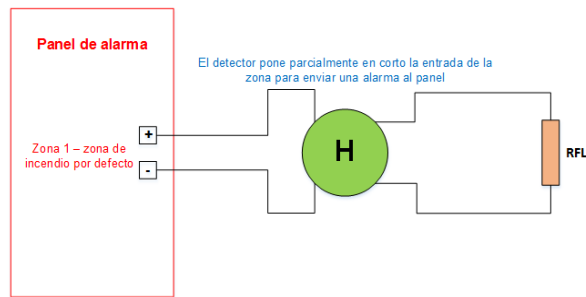


Figura 2.3: Conexión de detector de 2 hilos con RFL para supervisión.

Las normas y recomendaciones para la instalación y funcionamiento de sensores de humo se pueden encontrar en [1]. Los detectores de humo son dispositivos de circuito (NA).

2.1.3. Recomendación NFPA72 para señales de alarma en sirenas en los paneles de alarmas. La señal de una alarma de intrusión que se emite a través del par de borneras de la sirena en el panel de alarma es una señal continua mientras que la señal de una alarma de humo es un patrón de pulsos. Este patrón de pulsos, mostrado en la figura 2.5., está definido en el anexo A.6.8.6.5.1 de la National Fire Protection Association 72 (NFPA72) [1]. El patrón de pulsos está dado por tres fases activas y tres fases inactivas, siendo la duración de la última fase inactiva equivalente a la duración de las tres fases activas.

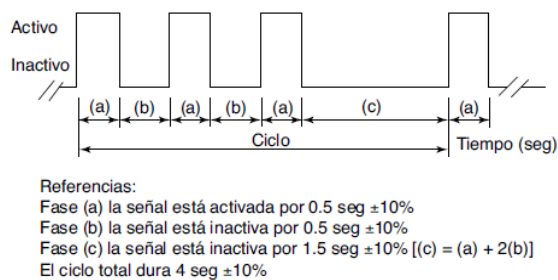


Figura 2.4: Parámetros del patrón temporal. [1]

2.2. Red de video vigilancia

2.2.1. Cámara IP. Esta cámara permite la transmisión de video usando el protocolo User Datagram Protocol (UDP). El UDP es un protocolo definido en IETF RFC768 [2]. Adicionalmente, la cámara debe usar codificación H.264 que permite reducir el ancho de banda y los requerimientos de almacenamiento en más del 80%, sin comprometer la calidad de la imagen [3].

Los cuadros de video van a ser transmitidos a través de una red Ethernet ya que se considera que la transmisión por cable es mucho más confiable y segura

que la Wireless Fidelity (WiFi). La figura 2.7 muestra el formato de una trama Ethernet IEEE 802.3 [4] y la cantidad máxima de Bytes que puede transportar cada una.

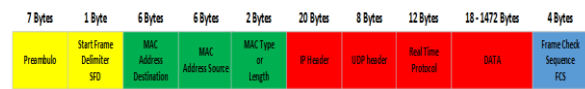


Figura 2.5: Trama Ethernet IEEE 802.3u [4]

La cabecera del header UDP contiene el número de puerto que identifica el tipo de protocolo que se está usando para, en este caso, enviar y recibir cuadros de video. Como se ilustra en la figura 2.8, para mejorar y sincronizar el flujo de video se hace uso del Real Time Protocol (RTP). Al usar UDP y RTP se deberá configurar el puerto de salida del enrutador en rango que va desde el 16384 al 32767 [5].

2.2.2. Network Video Recorder (NVR). Un NVR graba video en formato digital a un disco duro, unidad flash USB, Tarjeta de memoria SD o cualquier dispositivo de almacenamiento masivo. El video en un DVR se codifica y se procesa en el DVR, mientras que el video en un NVR se codifica y procesa en la cámara, y luego se transmite a la NVR para su almacenamiento o visualización remota. Un NVR puede ser un dispositivo físico o un software que se instala en una computadora.

2.3. Red celular

Para el caso de notificaciones solo es necesario el envío de texto por lo que la tecnología GPRS será suficiente. En el caso del video se deberá usar tecnologías HSPA+ o LTE.

2.3.1. Modem GPRS. Para este proyecto bastara con usar un modem GPRS de la clase A o B para el envío de mensajes de texto. La clase A permite transmisión de voz y datos simultáneamente mientras que la clase B permite manejar tanto voz como datos pero no simultáneamente [6].

Las bandas de frecuencia deben GSM900 y cumplir con las limitaciones de potencia para transmisión que para el GSM900 está clasificada como de clase 4 [7].

2.3.2. Modem HSPA+/LTE. Este modem debe trabajar en las bandas de 850/1900MHz así como la banda AWS en las que se presta el servicio LTE. Para este modelo de transmisión de video se requerirá que el modem este embebido en un enrutador LTE o que se pueda conectar mediante un puerto USB a un enrutador LTE de manera que las cámaras estén conectadas directamente al medio de transmisión celular. Todo equipo LTE viene por defecto con la capacidad para trabajar con tecnologías anteriores como son la 2G y la 3G.

3. Desarrollo del proyecto

3.1. Implementación del sistema de intrusión e incendios

El panel de alarma, de la marca Honeywell modelo Vista 20p, se alimenta con un transformador de 16.5VAC y 25VA de potencia. Este voltaje de salida del transformador es convertido a 13.4VDC. Los detectores se alimentaron con voltajes de esta fuente. La batería de respaldo del panel es de 12V 4Ah lo cual, en caso de fallo de energía eléctrica, proporcionara energía durante días al panel. La duración exacta de la batería dependerá del número de detectores a ser instalados. En cualquier tipo de alarma, la amplitud del voltaje en la salida sirena es siempre de 13.4 VDC. La figura 3.1 muestra las conexiones de los dispositivos dentro del panel de alarma



Figura 3.1: Vista interna del panel y detectores a ser usados.

Se usara un detector de humo de la marca System Sensor modelo ECO100B de dos hilos y para detector de movimiento se usara cualquier marca de tipo residencial. Se puede asegurar que el patrón de alarma de cualquier detector diferente al de humo es igual al patrón de la señal de alarma del detector de movimiento.

La programación del panel se la realizara con un teclado alfanumérico ADEMCO 6139 de la marca HONEYWELL. Una vez configuradas las zonas se procede a analizar los patrones de las señales emitidas por el panel.

3.1.1. Adaptación del voltaje de la señal de alarma. Se examinara el tipo de patrón de la señal de alarma que se emite entre las borneras 3 y 4 del panel. El voltaje de salida del panel no es compatible con el nivel de voltaje que usara el detector de patrones por lo que habrá que adaptar esta señal de voltaje a un valor de 5VDC como se muestra en la figura 3.2. El circuito diseñado consta básicamente de un optoacoplador 4N25, un inversor 74LS14 y de un regulador de voltaje de 5VDC.

El 4N25 reflejara el patrón a la salida del mismo con un voltaje menor al de entrada pero invertido por lo que se usara un inversor 74LS14 que es un inversor con disparador Schmitt que permite invertir no solo un patrón continuo sino un patrón de pulsos. La salida del inversor pasa directamente al detector de patrón el cual será implementado con un microcontrolador.

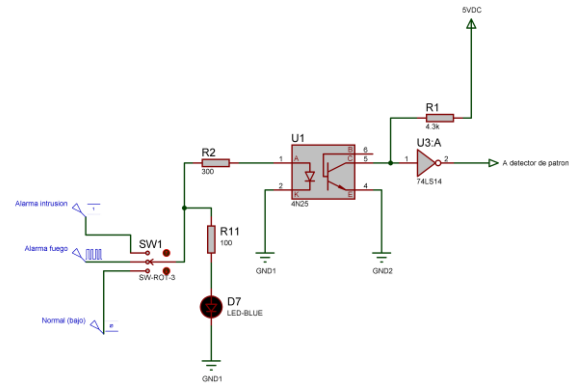


Figura 3.2: Circuito adaptador de voltaje de la señal de alarma

3.1.2. Implementación del dispositivo de detección de patrones de alarma. Para detectar el patrón de la señal de alarma se hace uso de una tarjeta Arduino UNO R3, la cual es básicamente un microcontrolador ATmega238P, con un regulador de voltaje y un puerto USB para datos.

Se usara el pin 2 del microcontrolador, que corresponde a la interrupción 0, para detectar el patrón de la señal de alarma y el pin 3 para detectar cuando la señal de alarma cambia a cero voltios. Como salida se usaran los pines 10, 11 y 13, de la tarjeta Arduino, para indicar el estado actual de alarma del panel. El pin 12 del Arduino será utilizado para reiniciar el microcontrolador.

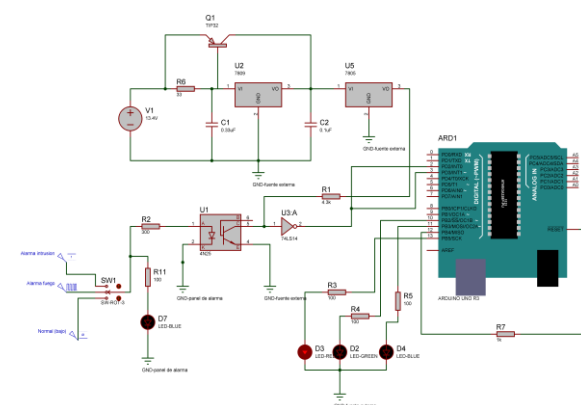


Figura 3.3: Circuito detector de patrón de la señal de alarma

El conector de 2.1 mm y el pin Vin permiten proveer al Arduino de voltajes no mayores a los 12VDC ni menores a 9VDC. En la figura 3.3 se puede apreciar la implementación de dos fuentes de voltaje. La primera

es una fuente de 9VDC que alimentara tanto al Arduino como a la tarjeta GPRS que enviara las notificaciones.

La segunda fuente de 5VDC sirve para adaptar el voltaje del patrón de salida de alarma. El voltaje de alimentación de la tarjeta se la realizara a través del pin Vin. El transistor Q1 es un TIP32 que se usa para manejar el amperaje que será consumido por el modem GPRS al momento de enviar una notificación.

3.1.3. Implementación del dispositivo de detección de patrones de alarma. Una vez identificado el patrón correspondiente a una señal de alarma específica se procede a enviar un mensaje por medio del modem shield Icomsat 1.1.

Se hace uso de la librería SoftwareSerial que está incluida como opción en el Integrated Development Environment (IDE) del Arduino. Para la transmisión del mensaje por los pines 6 y 7 del Arduino será necesario colocar los jumpers de la tarjeta IcomSat en sus respectivas posiciones. Las figura 3.4 muestra la distribución de pines del modem y la colocación de los jumpers respectivamente.

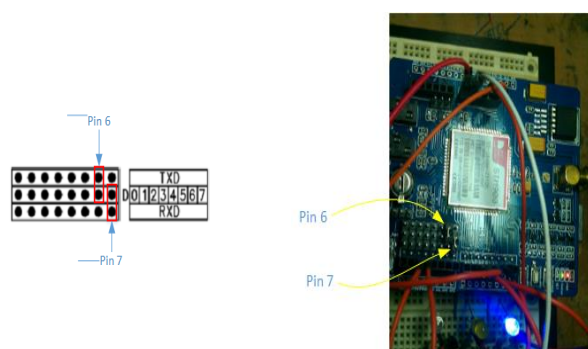


Figura 3.4: Colocación de jumpers para Tx-pin 6 y Rx-pin 7

Las funciones de encendido del modem se han delegado al Arduino a través del pin 9. La figura 3.5 muestra el prototipo armado del sistema de notificaciones.

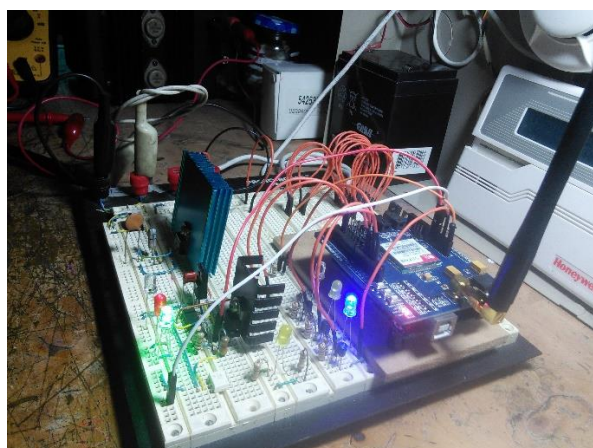


Figura 3.5: Prototipo del sistema de notificación

3.2. Diseño del sistema de video vigilancia

La cámara marca Tiandy modelo TC-NC9500S3E-MP-E-IR20 permite la transmisión de video usando protocolo UDP y cuenta con compresión H.264 y transmisión de hasta 30 cuadros por segundo (cps).

Para la transmisión de video se usara el enrutador de la marca DOVADO PRO en conjunto con el modem LTE Sierra Wireless AirCard.

3.2.1. Calculo del ancho de banda. Para obtener valores aproximados de tamaño de cuadros de imágenes comprimidos y tasas de bits por segundos usando compresión H.264, se usara el software IP Video System Design de Joint Video Surveillance Group (JVSG). La figura 3.6 resume los valores de tamaño de cuadro dependiendo del tipo de compresión y calidad

Cuadro de compresion.jpg (Read-only) - IP Video System Design Tool

Resolución	Compresión	Tamaño Frame*, KB	FPS	Disks	Cámaras	Ancho de banda, Mbit/s	Espacio del disco, GB	Bits/mib/s	Comentario
1280x1024 (1.3 MP)	H.264-10 (Calidad Alta)	17	1	1	1	2.08	22.9	208	
1280x1024 (1.3 MP)	H.264-20 (Calidad Buena)	13	15	1	1	1.6	17.3	1907	
1280x1024 (1.3 MP)	H.264-30 (Calidad Media)	11	15	1	1	1.35	14.6	1552	
1280x1024 (1.3 MP)	H.264-50 (Calidad Baja)	10.3	15	1	1	1.27	13.7	1366	

Figura 3.6: Cuadro de compresión de video para diferentes calidades por cámara.

El tamaño de cuadro de imagen comprimido es de 17 KBytes en alta definición. Se requieren de 12 tramas Ethernet para transmitir un cuadro de imagen. El tamaño de las 12 tramas es de 142.16 Kbites. El ancho de banda requerido a una velocidad de 15 cuadros por segundo (cps) es de 2.08 Mbits/s.

Como se muestra en la figura 3.7, los bits de video son transmitidos hacia el enrutador desde cada cámara por el cual también viajan hacia el grabador NVR

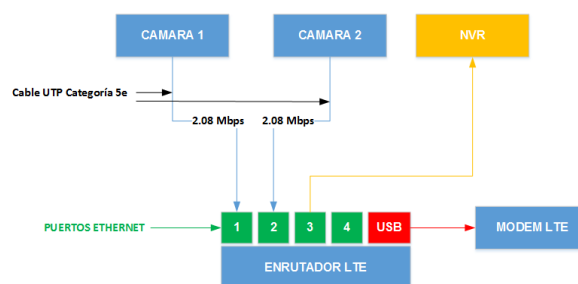


Figura 2.7: Conexiones de elementos del sistema de video

4. Viabilidad del proyecto

Para determinar la viabilidad económica del proyecto se consideran dos parámetros que son el Valor Actual Neto (VAN) y el Tasa Interna de Retorno (TIR).

El flujo de caja obtenido para el primer año es de \$293.799,21. En la tabla 1 se muestran los resultados del VAN y el TIR, tomando en cuenta para el cálculo del VAN la tasa de interés del 11,27% de los bancos y

para el cálculo del TIR tomamos valores del flujo de caja mensual.

VAN	\$ 258.418,69
TIR	13%

Tabla 1: Resultados del VAN y TIR

5. Conclusiones

Los paneles de alarma de cualquier marca adolecen de ser sistemas propietarios cerrados de los cuales difícilmente o en la mayoría de los casos es imposible obtener información que pueda ser manejable en favor del usuario. Un ejemplo de esto es que aunque pueda recibir una notificación de alarma de intrusión es difícil saber en qué área de la casa se detectó movimiento. Los sistemas de video vigilancia son poco efectivos si no se monitorean en el momento adecuado, es decir, las cámaras pueden quedar fuera de servicio ya sea por acción humana (intrusos) o por fallas de fabricación, en cualquiera caso el usuario no puede conocer cuál de estas es la razón de no poder visualizar las cámaras.

Las únicas señales que pueden ser medidas, sin afectar el comportamiento de algún elemento del panel, son las de las bornas 3 y 4 que corresponden a la toma de la sirena y el de las bornas donde se instalaron los detectores. Del análisis de estos voltajes se concluye que los voltajes en alarma en las bornas de los detectores son pequeños y poco confiables, pero el voltaje de la borna de la sirena en alarma es siempre de 13,4VDC, aunque dependiendo del tipo de alarma se obtienen señales con formas diferentes. En alarma de intrusión la señal es constante con el voltaje ya indicado mientras que para alarma de intrusión es un pulso.

El consumo de corriente del adaptador de voltaje de las señales de alarma y del modem no sobrepasa los 143mA a excepción del momento de enviar la ráfaga de datos de la notificación, momento en que el consumo de corriente llega a ser de 2000mA. El uso de la fuente auxiliar del panel de alarma de 600mA es insuficiente para suplir corriente en la transmisión de la notificación por lo que se hace necesario el uso de una fuente de voltaje adicional de al menos 2500 mA que permita alimentar los reguladores, al Arduino y al modem.

La tarjeta Arduino es muy versátil y puede recibir señales adicionales como una señal de falla de cámaras, detección de fugas de gas, corte de energía y otras más. Cada una de estas señales generaría las notificaciones correspondientes al usuario.

6. Agradecimientos

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional y a la Escuela Politécnica del Chimborazo y a los autores de los siguientes trabajos que sirvieron de apoyo para este proyecto:

- D. Velasco, “Estudio y Diseño de una red de Video Vigilancia Local y Remota, utilizando cámaras de vigilancia para el monitoreo de seguridad, alerta de intrusión y almacenamiento de video, para la planta de producción de la empresa Romery,” Tesis, FIEE, EPN, UIO, Ecuador, 2013.
- D. Echeverría, “Diseño e implementación de un prototipo de Video Vigilancia y monitoreo desde una laptop, tablet o equipo móvil celular inteligente con acceso a Internet para una cadena de tres locales comerciales “Norcell” en la ciudad de Ibarra,” Tesis, FIEE, EPN, UIO, Ecuador, 2013.
- M. Moposita y M. Moyano, “Evaluación de calidad de servicio (QoS) de la tecnología móvil HSPA+, y su migración a la tecnología LTE,” Tesis, FIE, ESPOCH, Riobamba, Ecuador, 2015.

Los agradecimientos también para el Arduino Forum y en especial a gabriellalevine del sitio <http://www.instructables.com/id/two-ways-to-reset-arduino-in-software/> por el código para reset del Arduino sin el cual la terminación de la implementación del sistema de notificaciones de alarma hubiera tomado más tiempo del asignado a este proyecto.

7. Referencias

- [1] NFPA 72® Código Nacional de Alarmas de Incendio, ed. 2007, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, MA, 2007
- [2] Postel, J. (1980, Agosto). RFC 768: User Datagram Protocol [En línea]. Disponible en: <https://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>.
- [3] Axis Communications. (2015). Guía técnica para video en red [En línea]. Disponible en: <http://www.axis.com/global/es/learning/web-articles/technical-guide-to-network-video/why-network-video/order-free-printed-copy>
- [4] C.E. Spurgeon y J. Zimmerman, “The Ethernet Frame and Full-Duplex Mode,” Ethernet: The Definitive Guide, 2ª ed. Sebastopol, CA 95472: O’Reilly, 2014, pp. 44-53.
- [5] A.C. Caputo, “Understanding Networks and Networked Video,” Digital Video Surveillance and Security, 2ª ed. Waltham, MA, 02451: Elsevier, 2014, pp. 128, 130, 135.
- [6] C. Andersson, “GPRS— Wireless Packet Data,” GPRS and 3G Wireless Applications, 1ª ed. New York, NY: Wiley, 2001, pp. 39
- [7] ETSI TC-SMG, ed. 1996, GSM TECHNICAL SPECIFICATION, Valbonne, Francia, 1996, pp. 9